

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 03 149.9

**Anmeldetag:** 28. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Bildung einer Auslöseentscheidung für  
ein Rückhaltesystem

**IPC:** B 60 R 21/01

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 21. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Wehner

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

30.12.02 Vg/Kei

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Bildung einer Auslöseentscheidung für ein Rückhaltesystem

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Bildung einer Auslöseentscheidung für ein Rückhaltesystem nach der Gattung des unabhängigen Patentanspruchs.

20

Aus der nicht vorveröffentlichten Anmeldung der Anmelderin DE 101 49 112 geht bereits ein Verfahren zur Bildung einer Auslöseentscheidung für ein Rückhaltesystem, insbesondere für Soil Trips, hervor. Unter Soil Trips versteht man Situationen, in denen das Fahrzeug nach einem Schleudervorgang seitlich rutscht und dann auf einem Untergrund mit einem hohen Reibungskoeffizienten gerät, zum Beispiel ein unbefestigter Untergrund neben einer Fahrbahn. Rutscht das Fahrzeug dann beispielsweise nach rechts, wie in Figur 1 dargestellt, und zwar das Fahrzeug 1a auf der Fahrbahn 2, so werden die Reifen auf der rechten Seite zum Punkt 1b eine starke Verzögerung erfahren, die dann ein Drehmoment des Fahrzeugs auf dem unbefestigten Untergrund 3 induziert. Zum Zeitpunkt 1c befindet sich das Fahrzeug bereits voll im Überrollvorgang. In DE 10149 112 wird die Auslöseentscheidung in Abhängigkeit von Fahrdynamikdaten bestimmt, wobei als die Fahrdynamikdaten ein Schwimmwinkel in Verbindung mit einer Fahrzeugquergeschwindigkeit und einer Fahrzeugkippbewegung verwendet werden.

25

30

Durch entsprechende Schwellwertvergleiche wird die Auslöseentscheidung dann gebildet.

Aus WO 99/47384 A1 ist es bekannt, in Abhängigkeit von der Drehrate um die Fahrzeuglängsachse, einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einer

Fahrzeugquerbeschleunigung die Auslöseentscheidung bei einem Soil-Trip-Rollover zu bilden. Die Fahrzeugquerbeschleunigung wird dabei mit einem festem Schwellwert verglichen. Nur wenn dieser feste Schwellwert überschritten wird, kann es zu einer Auslöseentscheidung kommen.

5

#### Vorteile der Erfindung

10

15

20

25

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bildung einer Auslöseentscheidung für ein Rückhaltesystem mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass eine frühere Auslösung im Falle von Soil Trips ermöglicht wird. Dies hängt daran, dass nicht nur die Fahrzeugquerbeschleunigung mit der Drehrate verknüpft wird, sondern auch die Fahrzeugquerbeschleunigung zusätzlich mit einem Schwellwert verglichen wird, der in Abhängigkeit von wenigstens einer Komponente der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit eingestellt wird. Durch die Anpassung des Schwellwerts wird eine bessere Adaption an das Unfallverhalten erreicht. Die Anpassung kann laufend oder in längeren Zeitabständen erfolgen. Diese Schwellwertentscheidung ist dahingehend zu verstehen, dass ein Wertepaar aus Fahrzeugquerbeschleunigung und vorzugsweise der Fahrzeugquergeschwindigkeit mit einer Kennlinie verglichen werden. Es können jedoch auch andere Komponenten der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit verwendet werden, um eine Schätzung für die laterale Fahrzeuggeschwindigkeit zu erhalten. Selbst die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit kann hier verwendet werden, da beispielsweise bei einem Schleudervorgang die Schwerpunktsgeschwindigkeit in der ersten Phase des Schleuderns ungefähr konstant bleibt, jedoch vor einer Längsgeschwindigkeit in eine Quergeschwindigkeit umgewandelt wird. Es werden also Signale verwendet, die durch eine kinematische Sensorik ermittelt werden. Im folgenden wird die Erfindung anhand der Fahrzeugquergeschwindigkeit erläutert.

30

Untersuchungen von Soil Trip-Fahrzeugstests haben gezeigt, dass die Fahrzeugquergeschwindigkeit einen entscheidenden Einfluss auf die maximal erreichten Rollwinkel und somit auf das Überrollverhalten eines Fahrzeugs hat. Es ist in jedem Fall von Vorteil, für die Bildung einer Auslöseentscheidung die Signale eines Drehratensensors für Drehungen um die Längsachse des Fahrzeugs zu erfassen und mit denen eines Beschleunigungssensors in Fahrzeugquerrichtung zu verknüpfen. Dies führt

zu einer höheren Sicherheit bei einer früheren Auslösemöglichkeit. Die Fahrzeugquerbeschleunigung eignet sich, da, wie oben dargestellt, bei einem Soil Trip an den Reifen eine laterale Abbremsung erfolgt und den Überrollvorgang initiiert.

- 5 Es ist weiterhin möglich, sowohl die Fahrzeugquergeschwindigkeit, als auch die Fahrzeugquerbeschleunigung, als auch die Drehrate um die Fahrzeuglängsachse zu verwenden, um damit ein hohes Maß an Sicherheit für die Auslöseentscheidung bei einer gleichzeitig sehr frühen Auslöseentscheidung zu ermöglichen.
- 10 Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen und Weiterbildungen sind vorteilhafte Verbesserungen des im unabhängigen Patentanspruch angegebenen Verfahrens zur Bildung einer Auslöseentscheidung für ein Rückhaltesystem möglich.
- 15 Besonders vorteilhaft ist, dass die Verknüpfung der Fahrzeugquergeschwindigkeit der Fahrzeugquerbeschleunigung und gegebenenfalls der Drehrate um die Fahrzeuglängsachse derart durchgeführt wird, dass die Fahrzeugquerbeschleunigung und die Drehrate mit Wertepaaren zur Bildung der Auslöseentscheidung verglichen werden. Diese Wertepaare werden in Abhängigkeit von der Fahrzeugquergeschwindigkeit als einem Parameter gebildet. Dabei kann nun vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass für
- 20 Wertepaare in Abhängigkeit von der Fahrzeugquergeschwindigkeit, beispielsweise als Kennlinie, bereits im Fahrzeug in einer geeigneten Speichereinheit abgespeichert sind und dann zum Vergleich geladen werden können. Wird eine Fahrzeugquergeschwindigkeit mittels der Fahrdynamikdaten bestimmt, die außerhalb des von der Kennlinie im Speicher abgedeckten Bereichs liegt, kann dies durch eine geeignete Extrapolation der vorhandenen Kennlinien kompensiert werden.
- 25 Die Kennlinie kann kontinuierlich vorliegen, sie kann aber auch als ein Set von Wertepaaren vorliegen, zwischen denen dann im Bedarfsfall interpoliert wird, wobei der Begriff Set als der allgemeinere Begriff angesehen wird. Für die
- 30 Fahrzeugquergeschwindigkeit ist vorteilhafter Weise vorgesehen, diese mit einer vorgegebenen Schwelle zu vergleichen, die vom gewählten Fahrzeugtyp abhängt und bei deren Überschreiten es erst zu einem Überrollvorgang kommen kann. Liegt die Fahrzeugquergeschwindigkeit unter dieser Schwelle, ist die Auslöseentscheidung immer negativ, d.h. es findet keine Auslösung statt.

Das Set von Wertepaaren wird vorteilhafter Weise in Abhängigkeit von der Genauigkeit der Schätzung für die Fahrzeugquergeschwindigkeit beeinflusst. D.h., hat die Geschwindigkeitsschätzung eine Ungenauigkeit von 10km/h, dann ist es für eine sichere Schätzung und Weiterverarbeitung zur Bildung der Auslöseentscheidung notwendig, die untere Grenze eines Vertrauensintervalls um die Geschwindigkeitsschätzung zu wählen, um eine Fehlauflösung oder zu frühe Auflösung zu vermeiden. Eine weitere Möglichkeit ist es bei einer relativen, also nicht absoluten Genauigkeit der Geschwindigkeitsschätzung von z.B. 10%, den Wert für die Fahrzeugquergeschwindigkeit zu skalieren.

Die Drehrate kann zur Bildung der Auslöseentscheidung einem Schwellwertvergleich unterzogen werden, wobei der Schwellwert fest oder in Abhängigkeit von der wenigstens einen Komponente der Fahrzeugschwerpunktgeschwindigkeit eingestellt wird.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen

- |         |  |
|---------|--|
| Figur 1 | einen sogenannten Soil Trip,   |
| Figur 2 | ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,                           |
| Figur 3 | ein Blockschaltbild mit einem ersten erfindungsgemäßen Verfahren,                  |
| Figur 4 | ein Blockschaltbild mit einem zweiten erfindungsgemäßen Verfahren,                 |
| Figur 5 | ein Blockschaltbild mit einem dritten erfindungsgemäßen Verfahren,                 |
| Figur 6 | ein Beschleunigungs-Geschwindigkeits-Diagramm zur Bildung der Auslöseentscheidung, |
| Figur 7 | ein weiteres Beschleunigungs-Geschwindigkeits-Diagramm                             |
| Figur 8 | ein drittes Beschleunigungs-Geschwindigkeits-Diagramm UND                          |
| Figur 9 | ein viertes Beschleunigungs-Geschwindigkeits-Diagramm.                             |

#### Beschreibung

Moderne Systeme zur Sensierung von Überrollereignissen arbeiten mit mikromechanischen Drehratensensoren, die über eine numerische Integration auch die Berechnung des Drehwinkels ermöglichen. Die Kombination von Drehraten- und Drehwinkelinformation erlaubt eine Vorhersage des Überrollens und somit eine Auslöseentscheidung, die robuster und flexibler ist, als eine Auslösung über eine feste Winkelschwelle eines Neigungssensors. Auf Drehratensensoren beruhende Überroll-Sensierungssysteme erlauben somit auch die Auslösung irreversibler Rückhaltemittel wie pyrotechnischer Gurtstraffer und Windowbags zusätzlich zu der ursprünglichen Anwendungen der Überrollsensierung, dem Auslösen eines reversiblen Überrollbügels im Cabriolet. Ein klassischer Überrollvorgang wird dadurch induziert, dass dem Fahrzeug während der Geradeausfahrt durch die Beschaffenheit der Umgebung eine Bewegung in z-Richtung, also in Vertikalrichtung, aufgezwungen wird, die zu einer Drehung des Fahrzeugs führt. Typische Beispiele für solche Situationen sind abschüssige Böschungen neben der Fahrbahn sowie Rampen, die in der Praxis durch seitliche Leitplanken gegeben sind. Bei solchen Manövern sind die auftretenden lateralen Beschleunigungen relativ niedrig und die Insassen geraten erst spät, wenn überhaupt, in eine sogenannte "Out-Of-Position"-Situation, so dass die Auslösung der Insassenschutzsysteme erst zu einem relativ späten Zeitpunkt notwendig ist. Hierbei bedeutet "Out-Of-Position"-Situation, dass sich ein Insasse nicht in der Sitzposition befindet, in der er durch Rückhaltemittel optimal geschützt werden kann.

Anders sieht es aber bei den sogenannten Soil Trip-Überschlägen aus. Diese sind Situationen, in denen das Fahrzeug nach einem Schleudervorgang seitlich wegrutscht und dann auf einen Untergrund mit einem hohen Reibungskoeffizienten gerät, beispielsweise, wie in Figur 1 dargestellt, ein unbefestigter Untergrund neben einer Fahrbahn. Rutscht das Fahrzeug, wie dort dargestellt, nach rechts, so werden die Reifen auf der rechten Seite eine starke Verzögerung erfahren, die dann einen Drehimpuls des Fahrzeugs verursacht. Der entscheidende Unterschied zu den zuvor beschriebenen Überroll-Vorgängen ist, dass die Insassen auf Grund der hohen lateralen Verzögerung des Fahrzeugs sehr früh "Out-Of-Position" geraten werden. Es ist also notwendig, die Insassen zu einem sehr frühen Zeitpunkt durch Aktivierung der geeigneten Schutzeinrichtungen, zum Beispiel Windowbags, vor Verletzungen durch einen Aufprall an die B-Säule oder die Fensterscheibe zu schützen. Eine derartig frühe Auslösung ist mit derzeitigen Systemen nicht möglich, ohne Gefahr zu laufen, in vielen Nicht-Auslösefällen unbeabsichtigt die

Rückhaltemittel zu zünden. Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren vor, um im Falle von Soil Trips einen früheren Auslösezeitpunkt zu ermöglichen.

5 Um eine solche frühe Auslösung im Falle von Soil Trips zu ermöglichen, verwendet die vorliegende Erfindung zusätzlich zu den Größen Drehrate und Beschleunigung in y- und z-Richtung, eine auf geeignete Weise bestimmte Fahrzeuggeschwindigkeit in y-Richtung, also die Fahrzeugquergeschwindigkeit. Es sind jedoch auch andere Komponenten der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit möglich, die als Näherungswerte für die Fahrzeugquergeschwindigkeit verwendet werden können.

10 Untersuchungen von Soil Trip-Fahrzeugtests haben gezeigt, dass die Fahrzeugquergeschwindigkeit einen entscheidenden Einfluss auf den maximal erreichten Rollwinkel und somit auf das Überrollverhalten eines Fahrzeugs in Soiltrip-Vorgängen hat. Die Fahrzeugquergeschwindigkeit wird hier mittels Daten aus einem  
15 Fahrzeugdynamiksystem, wie beispielsweise ESP, ermittelt. Es sind jedoch auch andere Möglichkeiten gegeben, um die Fahrzeugquergeschwindigkeit zu bestimmen.

Erfindungsgemäß wird die Auslöseentscheidung derart gebildet, dass zusätzlich zur Verknüpfung der Drehrate und der Fahrzeugquerbeschleunigung die  
20 Fahrzeugquerbeschleunigung einer Schwellwertentscheidung unterworfen wird, wobei der Schwellwert in Abhängigkeit von wenigstens einer Komponente der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit eingestellt wird. Dafür wird vorzugsweise die Fahrzeugquergeschwindigkeit verwendet.

25 Die in geeigneter Weise gefilterte Beschleunigung in Fahrzeugquerrichtung  $a_y$  eignet sich besonders für die Schwellwertentscheidung, da eine am Reifen ansetzende laterale Beschleunigung den Überrollvorgang einleitet. Wie anhand von Fahrzeugversuchen bestätigt wurde, muss bei abnehmender Fahrzeugquergeschwindigkeit  $v_y$  die Querbeschleunigung  $a_y$  zunehmen, um ein Fahrzeug zum Überrollen zu bringen. Der  
30 Zusammenhang ist dabei normalerweise nicht linear und wird durch die Schwellentscheidung berücksichtigt. Die kritische Querbeschleunigung, d.h. die Querbeschleunigung, die zu einem Überschlag führt, zeigt als Funktion der Fahrzeugquergeschwindigkeit vielmehr einen umso größeren Gradienten, je näher sich

die Fahrzeugquergeschwindigkeit der sogenannten "critical sliding velocity (CSV)" von höheren Geschwindigkeiten her nähert. Die CSV ist definiert als die Quergeschwindigkeit des Fahrzeugs, unterhalb derer ein Überschlagen des Fahrzeugs auf Grund grundlegender physikalischer Prinzipien, also der Energiebilanz, unmöglich ist.

5 Die genaue Form der Kennlinie hängt vom Fahrzeugtyp und den Anforderungen an das System ab. Es wird in den folgenden Beispielen aber immer davon ausgegangen, dass die Kennlinie, also der Absolutwert der kritischen Querbeschleunigung als Funktion der Fahrzeugquergeschwindigkeit, für abnehmende Werte von  $v_y$  monoton zunimmt.

10 Neben  $a_y$  eignet sich auch die in geeigneter Weise gefilterte Drehrate um die Fahrzeuglängsachse  $\omega_x$  für die Schwellwertentscheidung, die hier als Verknüpfung verwendet wird. Zwar ist die Verwendung von  $\omega_x$  weniger intuitiv, da es eine laterale Verzögerung ist, die den Soil Trip-Vorgang einleitet. Untersuchungen entsprechender Fahrzeugversuche haben jedoch ergeben, dass sowohl  $\omega_x$  als auch  $a_y$  bei geeigneter

15 Filterung als Größen für eine Auslöseschwelle geeignet sind.

Geht man zunächst von einer zeitkontinuierlichen nahezu exakten Bestimmung der Fahrzeugquergeschwindigkeit  $v_y$  aus, so werden nach dem Erfüllen einer Startbedingung für den Algorithmus die sensierten Werte für  $a_y$ ,  $\omega_x$  und  $v_y$

20 kontinuierlich, also in jeder Schleife des Algorithmus mit den in Form einer Kennlinie gespeicherten kritischen Werten verglichen. Liegt das Wertepaar Wert ( $a_y$ ,  $v_y$ ) zu einem Zeitpunkt  $t$  über dem kritischen Wert der Kennlinie, so ist die Hauptauslösebedingung erfüllt. Zusätzlich muss sichergestellt werden, dass die laterale Beschleunigung auch tatsächlich eine Drehung induziert. Das wird weiter unten besprochen. Neben  $a_y$  kann

25 auch  $\omega_x$  mit einem in Abhängigkeit von  $v_y$  eingestellten Schwellwert verglichen werden oder der  $v_y$ -abhängige Schwellwert kann als Funktion von  $\omega_x$  verändert werden.

Es wird im Folgenden immer davon ausgegangen, dass  $a_y$  negativ, also eine Verzögerung, ist, und  $v_y$  sowie die Drehrate  $\omega_x$  positiv ist. Geht man davon aus, dass

30  $a_y$  von einem Sensor im Airbagsteuergerät bestimmt wird, so wird sich das Vorzeichen danach richten, ob der Soil Trip durch seitliches Rutschen nach links oder rechts zustande



kommt. Desgleichen ist das Vorzeichen von  $v_y$  abhängig von der Konvention, die bei der Bestimmung von  $v_y$  verwendet wird. Bei der Umsetzung im Mikrokontroller, also im Prozessor im Airbagsteuergerät, bietet sich das folgende Verfahren an:

- 5 Von allen Größen  $v_y$ ,  $a_y$  und  $\omega_x$  werden die Beträge gebildet. Zusätzlich wird durch einen Vorzeichencheck gewährleistet, dass  $v_y$ ,  $a_y$  und  $\omega_x$  als Bedingung für einen Überrollvorgang in die selbe Richtung zeigen.

10 Die laterale Beschleunigung, die zu einem Kippen des Fahrzeugs führt, ist im wesentlichen bestimmt von der Schwerpunktslage und der Spurbreite eines Fahrzeugs und wird rechnerisch erfasst mit dem static stability factor (SSF). Typische Werte liegen für PKW's und SUV's (Sports Utility Vehicle) im Bereich von ca.  $SSF = 1,0$  bis  $1,7$ . Die SSF entspricht der lateralen Beschleunigung in Einheiten von  $g$ , die zum Umkippen des Fahrzeugs notwendig ist. Eine Kennlinie für  $|a_y|$  zu  $v_y$  wird also als niedrigste

- 15 Auslöseschwelle immer einen Wert haben, der für das entsprechende Fahrzeug oberhalb des SSF-Wertes in  $g$  liegt. Abhängig von dem Untergrund ist es aber auch möglich, dass sich an allen Reifen eine hohe Beschleunigung aufbaut, also nicht nur an den rechten bzw. linken Reifen bei seitlichem Rutschen nach rechts bzw. links, so dass das Fahrzeug zwar seitlich rutscht, aber kein ausreichend großes Drehmoment induziert wird, um das Fahrzeug zum Kippen zu bringen. Verlässt man sich für die Auslöseentscheidung ausschließlich auf das Überschreiten eines Schwellwerts für  $|a_y|$  als Funktion von  $v_y$ ,

- 20 so kann dies im ungünstigsten Fall zu einer Auslösung bei starker Fahrzeugquerbeschleunigung ohne signifikanten Aufbau eines Kippwinkels führen. Um Auslösungen in solchen Fällen zu unterdrücken, ist es vorteilhaft, eine zusätzliche Auslösebedingung an das Drehratensignal zu knüpfen. Als mögliche Realisierung der zusätzlichen Berücksichtigung des Drehratensignals bieten sich die folgenden Verfahren an:

- 25 a) als zusätzliche Auslösebedingung muss eine Schwelle an die auf geeignete Weise gefilterte Drehrate überschritten werden.
- 30

b) als zusätzliche Auslösebedingung muss eine Schwelle an die integrierte Drehrate, also den aufgebauten Winkel überschritten werden, wobei es vorteilhaft ist, den Start der Integration an das Überschreiten eines Schwellwertes an die Drehrate zu knüpfen.

c) des weiteren kann der Start einer Integration einer Drehrate an das Überschreiten eines Schwellwertes der Fahrzeugquerbeschleunigung geknüpft werden. In diesem Fall wird die Drehrate nur dann integriert, wenn die auf geeignete Weise gefilterte Fahrzeugquerbeschleunigung oberhalb eines definierten Wertes liegt. Als zusätzliche Auslösebedingung wird dann gefordert, dass das resultierende Integral, das die Dimension eines Winkels hat, einen Schwellwert überschreiten muss.

Die soeben geschilderten Aufgaben ergeben sich nicht, wenn man eine Auslöseschwelle für  $\omega_x$  als Funktion von  $v_y$  betrachtet. Allerdings können sich auch bei nicht Soil-Trip-relevanten Fahrmanövern, zum Beispiel bei engen und schnellen Kurvenfahrten, unter Umständen sehr hohe Drehraten aufbauen, die dann möglicherweise zu Fehlauslösungen führen könnten. Es ist also vorteilhaft, in diesem Fall zusätzlich eine auf dem Sensorsignal der Fahrzeugquerbeschleunigung beruhende Schwelle einzuführen. Analog zu den zuvor geschilderten zusätzlichen Auslösebedingungen auf Basis des Drehratensignals seien die folgenden Beispiele einer Umsetzung beschrieben:

a) als zusätzliche Auslösebedingung muss eine Schwelle an die auf geeignete Weise gefilterte Fahrzeugquerbeschleunigung überschritten werden.

b) als zusätzliche Auslösebedingung muss eine Schwelle an die integrierte Fahrzeugquerbeschleunigung, also den Geschwindigkeitsabbau, überschritten werden, wobei es vorteilhaft ist, den Start einer Integration an das Überschreiten eines Schwellwertes an die Fahrzeugquerbeschleunigung zu knüpfen.

c) des weiteren kann eine Integration der Fahrzeugquerbeschleunigung an das Überschreiten eines Schwellwertes der Drehrate geknüpft werden: in diesem Fall wird die Fahrzeugquerbeschleunigung nur dann integriert, wenn die auf geeignete Weise gefilterte Drehrate oberhalb eines definierten Wertes liegt. Als zusätzliche Auslösebedingung wird dann gefordert, dass das resultierende Integral, das die Dimension einer Geschwindigkeit hat, einen Schwellwert überschreiten muss.

Es ist also in jedem Fall ein Vorteil, für eine Auslöseentscheidung die Signale eines Drehratensensors und eines Beschleunigungssensors zu verknüpfen. Es wurden bis jetzt

Verfahren beschrieben, in denen eine Hauptauslöseentscheidung auf Grund einer Kennlinie für  $a_y$  und  $\omega_x$  getroffen wurde und dann eine zusätzliche schwächere Auslösebedingung Plausibilisierung auf dem Verhalten von  $\omega_x$  bzw.  $a_y$  basiert.

Natürlich ist auch eine gleichberechtigte Auslöseentscheidung von  $a_y$  und  $\omega_x$  möglich, d.h., dass sowohl für  $a_y$ , als auch für  $\omega_x$  Kennlinien definiert werden, deren Auslöseentscheidung auf geeignete Weise verknüpft werden, beispielsweise durch ein einfaches logisches UND. Zusätzlich können  $a_y$  und  $\omega_x$  auf geeignete Weise bearbeitet (z.B. Filtern und Integrieren) und verknüpft werden.

Figur 2 zeigt als Blockschaltbild die erfindungsgemäße Vorrichtung. Ein Prozessor, ein Mikrokontroller oder ein Mikroprozessor  $\mu C$ , der in einem Steuergerät für Rückhaltemittel angeordnet ist, ist über einen Datenein-/ausgang mit einem Speicher verbunden, in dem Schwellwerte und Kennlinienfelder abgelegt sind. Sensordaten kommen von einem Sensor für die Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_y$  und einem Drehratensensor  $\omega_x$ . Alternativ ist es möglich, dass die Drehrate mit Hilfe einer Anzahl von Beschleunigungssensoren bestimmt wird. Die einzelnen Sensoren weisen in der Regel eine eigene Elektronik zur Verstärkung und Digitalisierung der Messwerte auf. Die Werte für die Fahrzeugquergeschwindigkeit  $v_y$  kommen von einem weiteren Sensor oder werden von einer externen Einheit berechnet, zum Beispiel ESP oder es werden von einer externen Einheit Rohdaten geliefert, aus denen mit einem entsprechenden Algorithmus im Prozessor  $\mu C$  die Fahrzeugquergeschwindigkeit geschätzt wird. Der Prozessor  $\mu C$  ist mit Rückhaltemitteln RS, beispielsweise Airbags, Gurtstraffer bzw. Insassenschutzsystemen wie einem Überrollbügel verbunden. Die Rückhaltemittel RS werden bei einer entsprechenden Entscheidung des im Prozessor  $\mu C$  laufenden Algorithmus ausgelöst, wobei zusätzlich noch eine Innenraumsensierung IS eingesetzt werden kann, um das Auslöseverhalten entsprechend anzupassen. Dazu gehört beispielsweise die Unterdrückung der Auslösung für den Gurtstraffer oder den Windowbag des Beifahrersitzes, wenn dieser nicht besetzt ist. Als Mittel zur Innenraumsensierung können Gewichtssensoren oder bildgebende Sensoren verwendet werden.

Figur 3 zeigt als Blockdiagramm eine bevorzugte Auslegung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Im Hauptpfad oben werden der aus den entsprechenden Sensordaten abgeleitete Wert für die Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_y$  sowie eine Schätzgröße für die Fahrzeugquergeschwindigkeit  $v_y$  mit einer Kennlinie KL verglichen. Die resultierende Auslöseentscheidung kann durch ein Halteglied HG1 gehalten werden, um die Korrelation mit dem Plausibilitätspfad unten zu optimieren. Im Plausibilitätspfad wird aus  $a_y$  und dem in geeigneter Weise aufbereiteten Sensorsignal für die Drehrate  $\omega_x$  durch eine geeignete Berechnung (bspw. Filtern und Integrieren) und Verknüpfung VK eine Plausibilitätsentscheidung getroffen. Dies kann durch ein Halteglied HG2 gehalten werden. Die von den Haltegliedern HG1 und HG2 ausgegebenen Entscheidungen (Ja für eine positive Auslöse- bzw. Plausibilitätsentscheidung) werden in dem Glied & durch ein logisches UND verknüpft und die resultierende Entscheidung (Auslösung Ja/Nein) an das zugeordnete Rückhaltemittel geleitet.

Figur 4 zeigt als ein weiteres Blockdiagramm eine weitere bevorzugte Auslegung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Im Hauptpfad unten werden der aus den entsprechenden Sensordaten abgeleitete Wert für die Drehrate  $\omega_x$  sowie eine Schätzgröße für die Fahrzeugquergeschwindigkeit  $v_y$  mit einer Kennlinie KL verglichen. Die resultierende Auslöseentscheidung kann durch ein Halteglied HG2 gehalten werden, um die Korrelation mit dem Plausibilitätspfad oben zu optimieren. Im Plausibilitätspfad wird aus  $\omega_x$  und dem in geeigneter Weise aufbereiteten Sensorsignal für die Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_y$  durch geeignete Berechnung (bspw. Filtern und Integrieren) und Verknüpfung VK eine Plausibilitätsentscheidung getroffen. Diese kann durch ein Halteglied HG1 gehalten werden. Die von den Haltegliedern HG1 und HG2 ausgegebenen Entscheidungen werden in dem Glied & durch ein logisches UND verknüpft und die resultierende Entscheidung (Auslösung Ja/Nein) an das zugeordnete Rückhaltemittel geleitet.

Figur 5 zeigt als Blockdiagramm eine weitere bevorzugte Auslegung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit zwei Hauptpfaden oben und unten. Die Hauptpfade entsprechen den Hauptpfaden in den Figuren 3 und 4. Ebenfalls in Analogie zu den Figuren 3 und 4 kann ein Plausibilitätspfad verwendet werden, der aus  $\omega_x$  und  $a_y$  durch

geeignete Berechnung (bspw. Filtern und Integrieren) und Verknüpfung VK eine Plausibilitätsentscheidung trifft. Die von den Haltegliedern HG1, HG2 und HG3 ausgegebenen Entscheidungen werden in dem Glied UND durch ein logisches UND verknüpft und die resultierende Entscheidung an das zugeordnete Rückhaltemittel geleitet. Anstelle der zwei Kennlinien KL1 und KL2 ist es auch möglich, eine Kennlinie zu spezifizieren, die dann einen kritischen Wert von  $a_y$  in Abhängigkeit von  $v_y$  und  $\omega_x$  bzw. einen kritischen Wert von  $\omega_x$  in Abhängigkeit von  $v_y$  und  $a_y$  berechnet.

Figur 6 zeigt eine Kennlinie für den Absolutwert der lateralen Beschleunigung  $a_y$  als Funktion der Fahrzeugquergeschwindigkeit  $v_y$ , wobei diese zunächst als hinreichend genau bekannt sowie zeitkontinuierlich angenommen wird. Unterhalb der sogenannten Critical Sliding Velocity (CSV) wird eine Auslösung generell verhindert. Ist jedoch  $v_y$  größer CSV, dann stellt die Kennlinie die Trennung zwischen Auslösung und Nichtauslösung her, es wird davon ausgegangen, dass  $v_y$  praktisch exakt bekannt ist. Die CSV wird durch die zur Ordinate, also zur Fahrzeugquerbeschleunigungsachse parallele Linie 4 dargestellt. Die Kennlinie 5 stellt die Schwelle für die Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_y$  dar, die überschritten werden muss, um eine Auslöseentscheidung herbei zu führen. Die Bildung einer Schwelle für die Drehrate um die Längsachse  $\omega_x$  erfolgt auf äquivalente Weise.

Figur 7 zeigt den allgemeineren Fall einer nur näherungsweise und/oder nicht zeitkontinuierlich bestimmten lateralen Geschwindigkeit. Hier werden in einem Beschleunigungs-Geschwindigkeits-Diagramm geeignete Kennlinien für  $a_y$  (bzw.  $\omega_x$  auf äquivalente Weise) als Funktion des lateralen Geschwindigkeitsabbaus  $\Delta v_y$  und nicht  $v_y$  verwendet.  $\Delta v_y$  wird aus dem Integral der im Fahrzeug gemessenen Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_y$  durch Integration bestimmt. Dies ist vorteilhaft, um bei einer nicht zeitkontinuierlichen Schätzung der lateralen Fahrzeuggeschwindigkeit zwischen zwei Schätzungen die jeweilige aktuelle Abweichung des Schätzwerts zu kompensieren. Die Integration kann gegebenenfalls um Effekte der Erdbeschleunigung bei Verkipfung des Fahrzeug-Koordinatensystems gegenüber dem erdfesten Koordinatensystem korrigiert werden. Um die Abhängigkeit Auslöseentscheidung von

der absoluten Fahrzeugquergeschwindigkeit  $v_y$  zu berücksichtigen, werden entweder mehrere Kennlinien für verschiedene Werte von  $v_y$  gespeichert und zwischen den Kennlinien extrapoliert oder eine Kennlinie wird in Abhängigkeit des Schätzwertes von  $v_y$  verschoben. In Figur 7 wird durch den horizontalen Doppelpfeil angedeutet, dass in

5 Abhängigkeit von der Lateralgeschwindigkeit diese Kennlinie verschoben wird. Eine Möglichkeit für das Verschieben der Kennlinie ist in Figur 8 gezeigt:

Für ein Fahrzeug wird aus theoretischen Berechnungen oder aus geeigneten Versuchen die CSV ermittelt. Unterhalb dieser Fahrzeugquergeschwindigkeit sperrt der Algorithmus die Auslösung. Die Stützstellen der Kennlinie sind Wertepaare  $(v_y, |a_y|)$ , wobei der

10 niedrigste Wert von  $v_y$  normalerweise gleich der CSV sein wird. In Figur 8 sind exemplarisch Geschwindigkeitswerte angegeben. Oberhalb einer Geschwindigkeit  $v_{y \max}$  ist die Auslöseschwelle konstant. Hier ist  $v_{y \max}$  gleich 50 km/h. Die Kennlinie wird so verschoben, dass zum Zeitpunkt  $t_0$  der Geschwindigkeitsschätzung das Wertepaar  $(v_y,$

15  $|a_y|)$  der Kennlinie mit dem Nullpunkt der  $\Delta v_y$ -Achse übereinstimmt. D.h. also, die Auslöseschwelle zum Zeitpunkt  $t_0$  ergibt sich aus dem Wertepaar  $(v_y, |a_y|)$ . Die Verschiebung der Kennlinie lässt sich in einem Mikrokontroller am einfachsten über die Addition eines Offsets auf  $\Delta v_y$  realisieren. Der Anschauung halber wird aber im Folgenden von einer Verschiebung der Kennlinie gesprochen. Figur 8 zeigt den Ansatz einer exakt bestimmten Geschwindigkeit. Das Auslöseverhalten geht in diesem Fall in

den in Figur 6 gezeigten Fall einer Kennlinie  $|a_y|$  gegenüber  $v_y$  über. Im Allgemeinen wird jedoch  $a_y$  mit einer höheren Rate bestimmt, als  $v_y$ , es liegt also keine

zeitkontinuierliche Messung von  $v_y$  vor und für die Zeit zwischen zwei Schätzungen von  $v_y$  bleibt die Kennlinie konstant, während  $\Delta v_y$  kontinuierlich berechnet wird und

25 der gemessene Wert für  $a_y$  mit dem zugeordneten Schwellwert verglichen wird. Der Zeitpunkt  $t_0$ , der Schätzung von  $v_y$ , bestimmt den Startpunkt der Integration. Sobald ein neuer Wert von  $v_y$  zur Verfügung steht, wird die Kennlinie entsprechend verschoben und  $\Delta v_y$  wieder auf Null zurück gesetzt. D.h.  $t_0$  wird neu festgesetzt.

Figur 9 zeigt eine weitere Möglichkeit für die Verschiebung der Kennlinie und zwar bei nicht exakt bekannter Fahrzeugquergeschwindigkeit. In diesem Beispiel wird die Fahrzeugquergeschwindigkeit mit einer Genauigkeit von  $\pm 10$  km/h bestimmt. Die Strategie ist dabei die einer konservativen Auslösung, d.h. mit einer ungenauen Geschwindigkeitsschätzung darf die Auslösung nur verzögert werden, nicht aber eine Fehlauflösung bzw. verfrühte Auslösung eintreten. Ist die geschätzte Geschwindigkeit also zum Beispiel 60 km/h mit einer Genauigkeit von  $\pm 10$  km/h, so liegt die wahre Geschwindigkeit zwischen 50 und 70 km/h. Die konservativste Einstellung ist die für 50 km/h und entsprechend wird die Kennlinie für 50 km/h auf  $\Delta v_y = 0$  geschoben. Die Kennlinien für eine exakte Geschwindigkeit von 60 km/h (gestrichelt) und 70 km/h (gepunktet) sind ebenfalls in Figur 9 gezeigt. Es wird deutlich, dass die Einstellung für 50 km/h die konservativste ist, d.h. eine Auslösung findet für gleiche Werte von  $\Delta v_y$  bei höheren Werten von  $|a_y|$  statt.

Von den weiteren Möglichkeiten, die Kennlinie zu variieren, seien hier noch drei Möglichkeiten aufgeführt:

a) wird neben der Fahrzeugquergeschwindigkeit auch deren Genauigkeit, zum Beispiel in Form eines oberen und unteren Fehlerintervalls geschätzt, so kann das oben beschriebene Verfahren dahingehend abgewandelt werden, dass die geschätzte Quergeschwindigkeit bei einer neuen Schätzung um die jeweils aktuelle Genauigkeit verringert wird, also nicht um einen festen Wert, und die Kennlinie um den reduzierenden Wert verschoben wird. Dies hat zur Folge, dass die Fahrzeugquergeschwindigkeit nicht überschätzt werden kann und somit eine exakte Bestimmung der Fahrzeugquergeschwindigkeit nicht zu einer verfrühten oder ungewollten Auslösung führen kann.

b) der geschätzte Wert von  $v_y(t)$  kann an Stelle der Subtraktion einer Größe auch skaliert werden, z.B.  $v_y^*(t) = CSV + x (v_y(t) - CSV)$  mit  $0 < x \leq 1$ ;  $v_y^*$  ist dann der Geschwindigkeitswert der Kennlinie, der auf  $\Delta v_y = 0$  geschoben wird. Für den Grenzwert  $x = 0$  ist die Auslösung völlig unterdrückt. Für den Fall  $x = 1$  ist  $v_y^* = v_y$ , d.h. wir gehen wieder zu dem Fall einer exakten Bestimmung von  $v_y$  über.

c) eine weitere Möglichkeit ist die Verbindung der Fälle a) und b).



30.12.02 Vg/Kei

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

10

1. Verfahren zur Bildung einer Auslöseentscheidung, wobei die Auslöseentscheidung in Abhängigkeit von Fahrdynamikdaten ( $v_y$ ,  $a_y$ ,  $\omega_x$ ) gebildet wird, wobei als die Fahrdynamikdaten zumindest eine Fahrzeugquerbeschleunigung ( $a_y$ ) und eine Drehrate ( $\omega_x$ ) um die Fahrzeuglängsachse miteinander verknüpft werden, um die Auslöseentscheidung zu bilden, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrzeugquerbeschleunigung ( $a_y$ ) zusätzlich einer Schwellwertentscheidung zur Bildung der Auslöseentscheidung unterzogen wird, wobei der jeweilige Schwellwert wenigstens in Abhängigkeit von wenigstens einer Komponente der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit ( $v_y$ ) eingestellt wird.

15

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verknüpfung derart durchgeführt wird, dass die Fahrzeugquerbeschleunigung ( $a_y$ ) und/oder die Drehrate ( $\omega_x$ ) mit Wertepaaren zur Bildung der Auslöseentscheidung verglichen werden, die in Abhängigkeit von der wenigstens einen Komponente der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit ( $v_y$ ) gebildet werden.

25

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Set von Wertepaaren für die wenigstens eine Komponente der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit abgespeichert wird, wobei ein neues Set von Wertepaaren durch Extrapolation aus dem wenigstens einen Set gewonnen wird.

30

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich die wenigstens eine Komponente der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit ( $v_y$ ) mit einer vorgegebenen Schwelle verglichen wird, die abhängig von einem verwendeten Fahrzeugtyp ist, wobei bei Unterschreiten dieser Schwelle keine Auslösung möglich ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Set in Abhängigkeit von einer Genauigkeit der Geschwindigkeitsschätzung für die wenigstens eine Komponente der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit beeinflusst wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehrate ( $\omega_x$ ) mit einem festen Schwellwert zur Bildung der Auslöseentscheidung verglichen wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehrate ( $\omega_x$ ) mit einem Schwellwert zur Bildung der Auslöseentscheidung verglichen wird, der in Abhängigkeit von der wenigstens einen Komponente der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit eingestellt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwert in Abhängigkeit von der Drehrate ( $\omega_x$ ) variiert wird.

30.12.02 Vg/Kei

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zur Bildung einer Auslöseentscheidung für ein Rückhaltesystem

Zusammenfassung

15

Es wird ein Verfahren zur Bildung einer Auslöseentscheidung für ein Rückhaltesystem vorgeschlagen, das sich dadurch auszeichnet, dass die Auslöseentscheidung in Abhängigkeit von einer Verknüpfung der Fahrzeugquerbeschleunigung und einer Drehrate gebildet wird. Die Fahrzeugquerbeschleunigung wird zusätzlich einer Schwellwertentscheidung unterzogen, wobei der jeweilige Schwellwert in Abhängigkeit von wenigstens einer Komponente der Fahrzeugschwerpunktsgeschwindigkeit eingestellt wird..

20

(Figur 9)

25

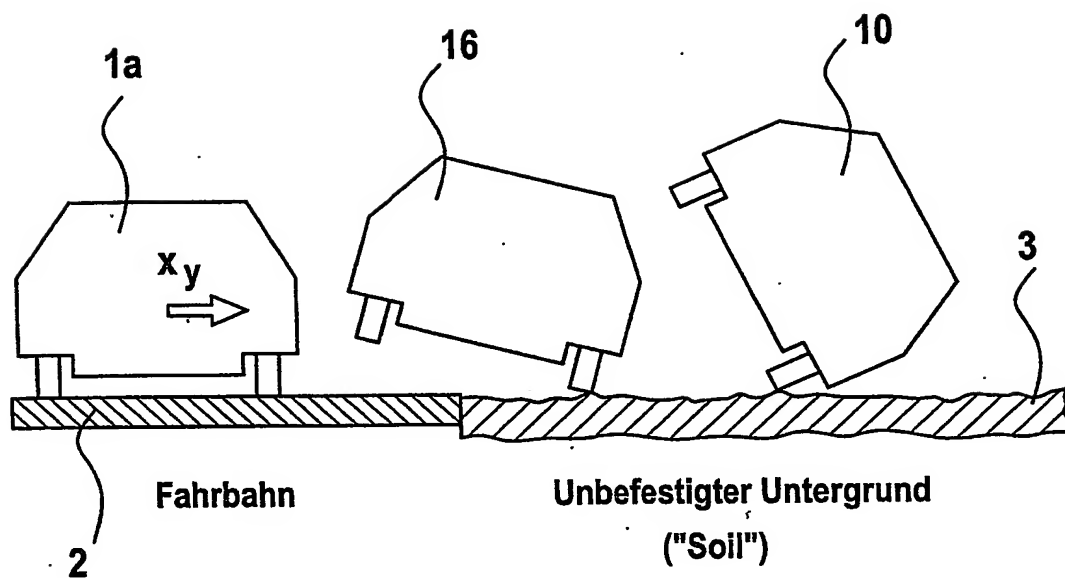


Fig. 1

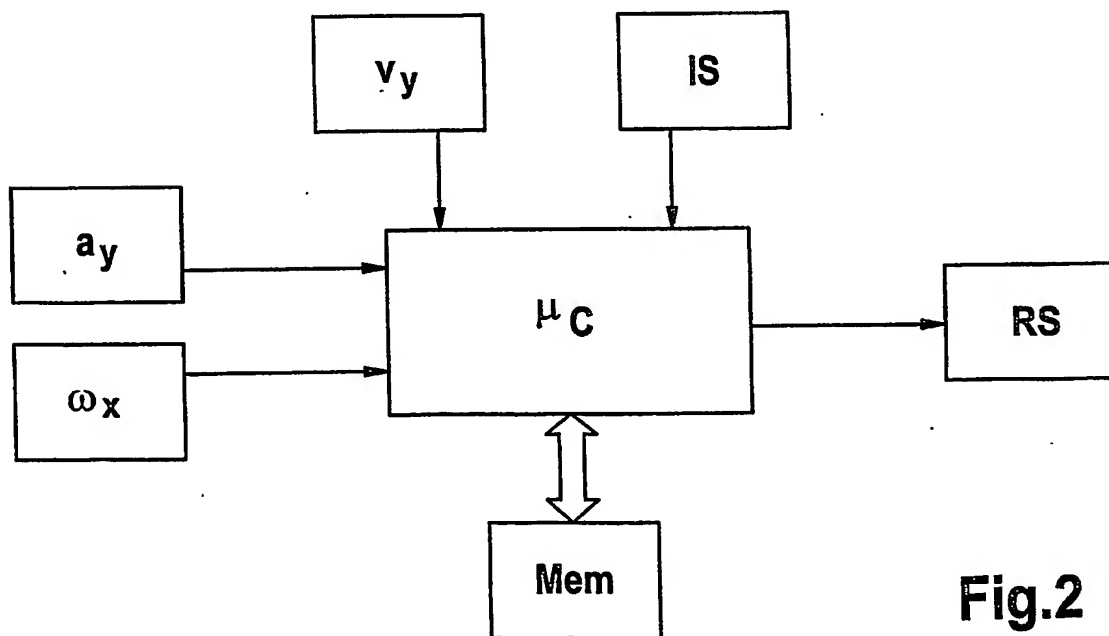


Fig. 2

Fig. 3

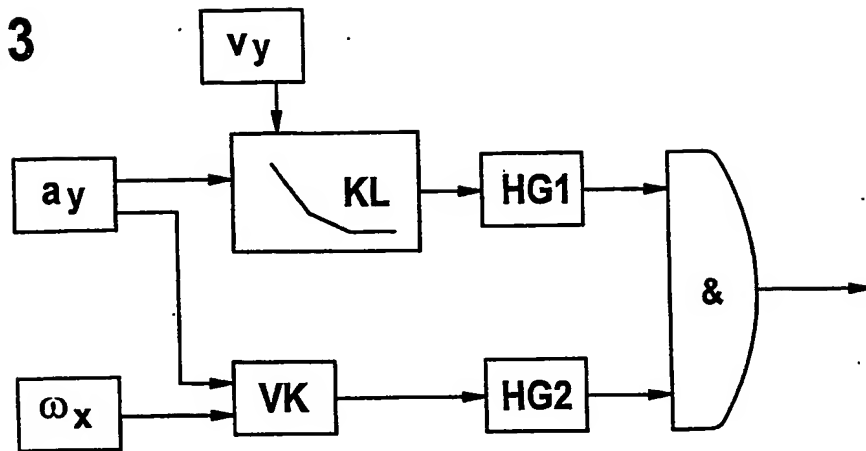


Fig. 4

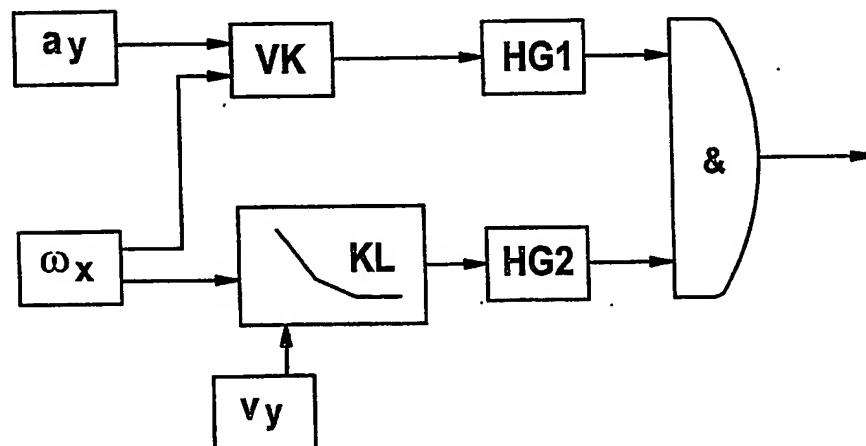
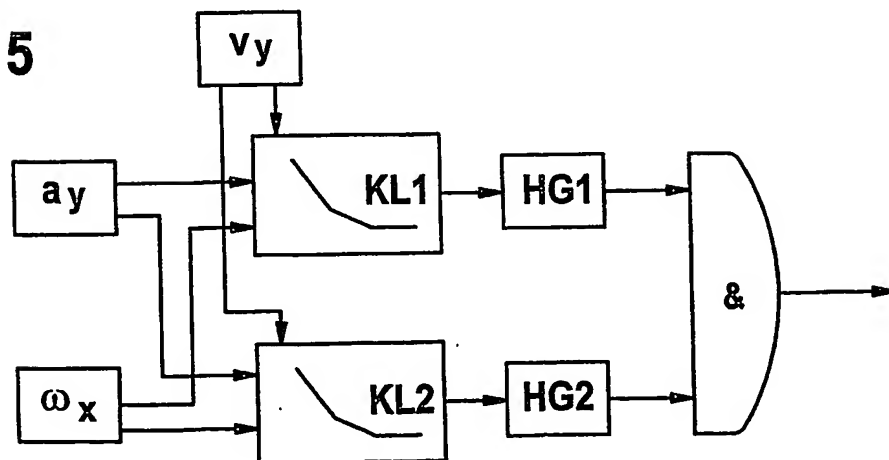


Fig. 5



3 / 4

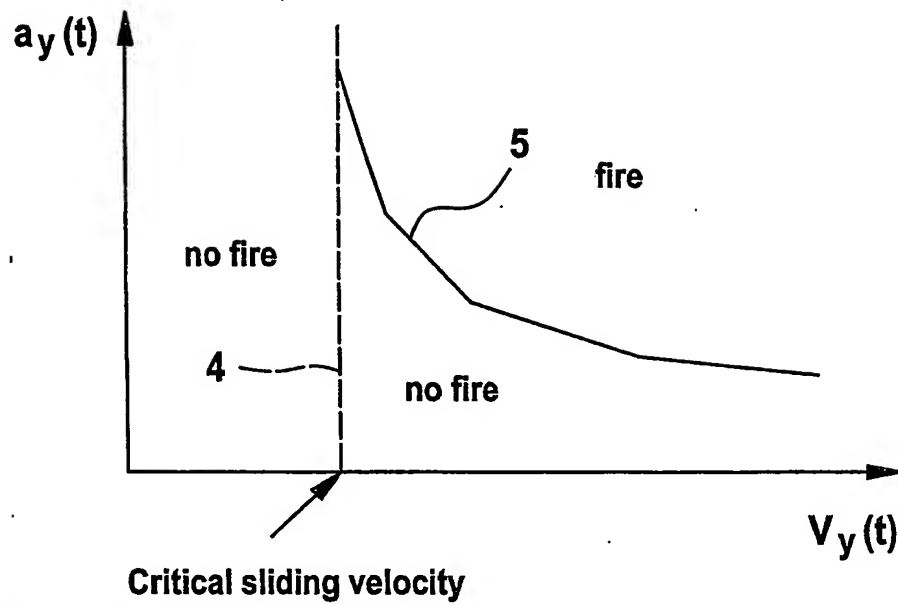


Fig. 6

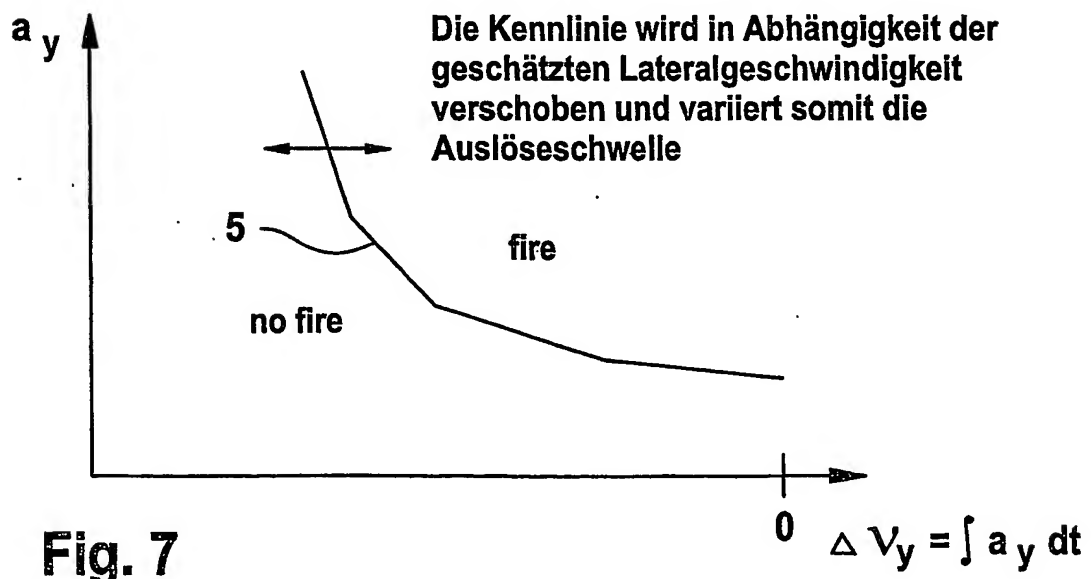
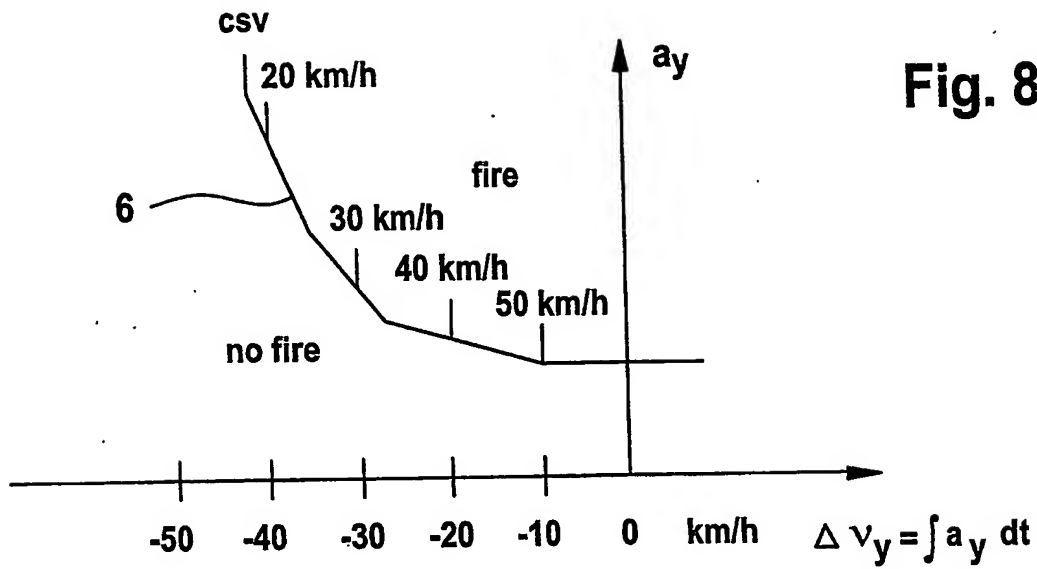
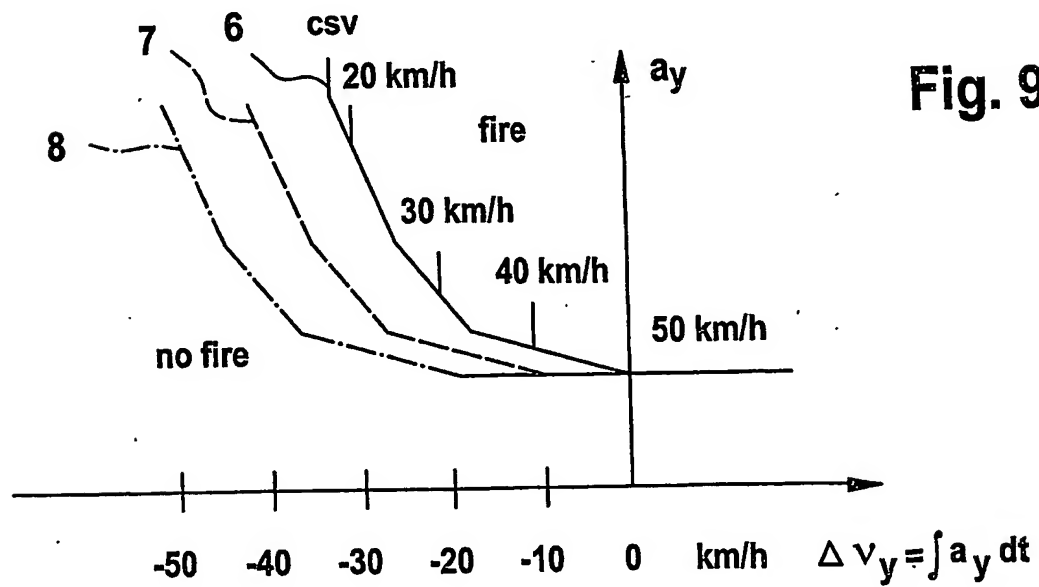


Fig. 7

4 / 4



a)  $v_y = 60$  km/h, exakt bestimmt



b)  $v_y = 60$  km/h, mit Genauigkeit von  $\pm 10$  km/h bestimmt